

?s pn=de 3515209

S2 1 PN=DE 3515209

DIALOG(R)File 351:DERWENT WPI

(c) 2000 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

004450824

WPI Acc No: 1985-277702/198545

XRPX Acc No: N85-207137

Monitoring method for determining combustion conditions of furnaces - using measurement and evaluation of two oxidising flame zones and correlation between brightness of flame and load or fuel

Patent Assignee: BABCOCK-HITACHI KK (HITG ); HITACHI LTD (HITA )

Inventor: HIGASHI T; KURIHARA N; MIYAGAKI H; NISHIKAWA M; SHIMADA Y;  
YOKOKAWA A

Number of Countries: 002 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
-----------	------	------	-------------	------	------	------

DE 3515209	A	19851031	DE 3515209	A	19850426	198545 B
------------	---	----------	------------	---	----------	----------

US 4620491	A	19861104	US 85726392	A	19850423	198647
------------	---	----------	-------------	---	----------	--------

DE 3515209	C	19890720			198929	
------------	---	----------	--	--	--------	--

Priority Applications (No Type Date): JP 84100538 A 19840521; JP 8483782 A

19840427; JP 8492872 A 19840511

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

DE 3515209	A	34			
------------	---	----	--	--	--

Abstract (Basic): DE 3515209 A

The appts. comprises fuel injection jets for the injection of a coal dust fuel mixture, and gas or water, and air jets for the injection of air for the combustion arranged around the fuel injection jets. The combustion is monitored using the flame characteristics. The cross section image of the flame, concentric to the direction of fuel injected by the burner, which forms the centre line, is obtained and measured from two oxidising flame zones, as zones of higher brightness. Using the form parameters of the flame, a characteristic value is estimated and computed, for the reduction of NO<sub>x</sub> (nitrogen oxides) and the unburnt components of the residual ash, in order to monitor the combustion position. The positions of the centres of mass (G1,G2) of the flames and the distance (dX) between the centres, are used as the form parameters and separated into two zones for easier representation.

ADVANTAGE - Achieves reduction in NO<sub>x</sub> and reduces unburnt components of ash residue.

Title Terms: MONITOR; METHOD; DETERMINE; COMBUST; CONDITION; FURNACE;

MEASURE; EVALUATE; TWO; OXIDATION; FLAME; ZONE; CORRELATE; BRIGHT; FLAME;

LOAD; FUEL

Index Terms/Additional Words: BOILER

Derwent Class: Q73; X27

International Patent Class (Additional): F23M-005/00; F23N-005/08

File Segment: EPI; EngPI

**This Page Blank (uspto)**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 35 15 209.5  
㉔ Anmeldetag: 26. 4. 85  
㉕ Offenlegungstag: 31. 10. 85

DE 35 15 209 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

27.04.84 JP P83782-84 11.05.84 JP P92872-84  
21.05.84 JP P100538-84

⑦1 Anmelder:

Hitachi, Ltd.; Babcock-Hitachi K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:

Strehl, P., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.;  
Schübel-Hopf, U., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.;  
Schulz, R., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.- u.  
Rechtsanw., 8000 München

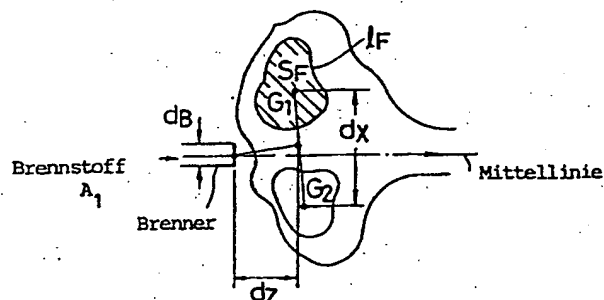
⑦2 Erfinder:

Nishikawa, Mitsuyo, Hitachi, Ibaraki, JP; Kurihara,  
Nobuo, Hitachiohta, Ibaraki, JP; Sato, Yoshio;  
Watanabe, Atsumi; Higashi, Toshihiko, Hitachi,  
Ibaraki, JP; Miyagaki, Hisanori, Hitachiohta, Ibaraki,  
JP; Yokokawa, Atsushi, Hitachi, Ibaraki, JP;  
Shimada, Yoshihiro, Izumi, Osaka, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung eines Verbrennungszustands

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung des Verbrennungszustands eines Verbrennungsofens. Eine konzentrisch zur Richtung des Brennstoffausstoßes von einem Brenner gebildete Flamme wird von ihrer Seite vermessen, und daraus werden zwei Zonen einer oxidierenden Flamme als Zonen hoher Leuchtdichte gewonnen. Unter Verwendung der Formparameter der Flamme wird ein Kennwert für die Verringerung von NO<sub>x</sub> und von unverbrannten Komponenten in der Asche berechnet und geschätzt, um den Verbrennungszustand zu überwachen. Die Positionen der Massenmittelpunkte (G1, G2) der Flammen und der Abstand (dx) zwischen den Massenmittelpunkten werden als die Formparameter verwendet, und die Flammenform wird in zwei Zonen für die leichte Darstellung jeder Zone aufgeteilt.



35 15 209 A 1

**This Page Blank (uspto)**

derart gewonnenen Zonen der oxidierenden Flamme;

Berechnen und Schätzen der Menge des gebildeten NOx oder der unverbrannten Komponenten in der Asche unter Verwendung der so berechneten Formparameter; und

5 Überwachen des Verbrennungszustands des Ofens entsprechend der berechneten Schätzwerte.

2. Verfahren zur Überwachung des Verbrennungszustands nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Position des Massenmittelpunkts (G1, G2) der  
10 oxidierenden Flamme für die Bestimmung der genannten Formparameter der Zonen der oxidierenden Flamme verwendet wird.

3. Verfahren zur Überwachung des Verbrennungszustands nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (dX) zwischen den Massenmittelpunkten (G1, G2) der beiden auf einer Flammen-Überwachungsebene gebildeten  
15 oxidierenden Flammen für die Bestimmung der Formparameter der Zonen der oxidierenden Flamme verwendet wird.

4. Verfahren zur Überwachung des Verbrennungszustands nach  
20 einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Umfangslänge ( $l_F$ ) der oxidierenden Flamme zu deren Fläche ( $S_F$ ) als ein die Dicke der oxidierenden Flamme angegebender Kennwert für die

**This Page Blank (uspto)**

3515209

$$I_{\text{UBC}} = k \cdot x_1^{-1} \cdot x_2^{-1} \cdot x_3'$$

mit k: Koeffizient

$x_3'$ : Primärluft-Flußrate.

7. Verfahren zur Überwachung des Verbrennungszustands  
5 nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,  
daß die vom Ofen abgegebenen unverbrannten Komponenten  
in der Asche aus dem Produkt des Kennwertes für die  
Reduktion der unverbrannten Komponenten in der Asche ( $I_{\text{UBC}}$ )  
und einem vorgegebenen Koeffizienten k geschätzt werden,  
10 und daß der Verbrennungszustand mit dem so erhaltenen  
Schätzwert überwacht wird.
8. Verfahren zur Überwachung des Verbrennungszustands  
nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,  
daß das Verhältnis der Fläche (S) der Zone der oxidierenden  
15 Flamme zur Länge ( $l_H$ ) dieser Flammenzone in der Brenn-  
stoff-Einspritzrichtung statt der Primärluft-Flußrate  
( $x_3'$ ) verwendet wird.
9. Verfahren zur Überwachung des Verbrennungszustands nach  
Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß  
20 das Verhältnis der beiden Abstände zwischen den ent-  
ferntesten Punkten ( $l_1$ ) der zwei Zonen der oxidierenden  
Flamme ausgehend von der Achse der Brennstoffeinspritzung  
des Brenners und zwischen ihren beiden der Achse am  
nächsten liegenden Punkten ( $l_2$ ) statt der Primärluft-

**This Page Blank (uspto)**



3515209

13. Verfahren zur Überwachung des Verbrennungszustands  
nach Anspruch 11 oder 12, dadurch g e k e n n z e i c h -  
n e t , daß das Verhältnis jeder der aufgeteilten Zonen  
zur Gesamtfläche berechnet wird, und daß der Verbrennungs-  
5 zustand in Abhängigkeit davon überwacht wird, ob das  
genannte Verhältnis einen entsprechend einer Last des  
Verbrennungsofens vorgegebenen zulässigen Wert überschreitet  
oder nicht.

14. Vorrichtung zur Überwachung des Verbrennungszustands  
10 eines Verbrennungsofens mit einem Brenner (1), der  
Brennstoff-Einspritzdüsen (2-1, 2-2-, 2-3) für die Ein-  
spritzung eines Gemisches aus einem Staubkohle-Brennstoff  
und einem Gas oder Wasser und Luftdüsen für die Injektion  
der Luft für die Verbrennung aufweist, die um die Brenn-  
15 stoff-Einspritzdüsen angeordnet sind, g e k e n n -  
z e i c h n e t durch

Einrichtungen (11-1, 11-2; 12-1, 12-2) für die  
Vermessung der Flamme in einem Flammen-Wurzelbereich in  
der Nähe des Brenners;

20 Speichereinrichtungen (14, 15) für die Umwandlung der  
gemessenen Flammendaten in eine digitale Größe und die  
Speicherung dieser digitalen Größe;

Einrichtungen (16) für die Gewinnung von zwei Zonen  
einer oxidierenden Flamme als Zonen hoher Leuchtdichte  
25 unter Verwendung der aus den Speichereinrichtungen (15)  
ausgelesenen Daten (104);

**This Page Blank (uspto)**

25-04-85

3515209

$l_F$ : Umfangslänge der Flammenform

$S_F$ : Fläche der Flammenform.

17. Vorrichtung zur Überwachung des Verbrennungszustands  
nach Anspruch 14 oder 15, g e k e n n z e i c h n e t  
5 durch eine Einrichtung für die Berechnung des Kennwertes  
 $I_{UBC}$  für die Verringerung der unverbrannten Komponenten  
in Asche nach folgender Formel:

$$I_{UBC} = k \cdot x_1^{-1} \cdot x_2^{-1} \cdot x_3'$$

mit  $k$ : vorgegebener Koeffizient

$x_3'$ : Primärluft-Flußrate.

200405

3515209

BESCHREIBUNG:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung des Verbrennungszustands in einem Verbrennungssofen, wie einem Kessel für die Erzeugung thermischer Leistung.

5 Die Überwachung von während der Verbrennung von Kohlenstaub oder CWM (Kohle - Wasser - Gemisch) gebildeten Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) oder unverbrannten Komponenten in Asche ist überaus wichtig, um einen befriedigenden Verbrennungszustand zu erhalten. Eine derartige Überwachung ist auch sehr be-  
10 deutsam für die wirkungsvolle Ausnutzung von Brennstoffen. Eine effiziente Verbrennung und eine Minimierung von Rückständen im Abgas sind wichtige Faktoren, die einen guten Verbrennungszustand bestimmen.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Überwachungs-  
15 technik bei dieser Art Verbrennung.

Nachdem Kohle als eine alternative Energiequelle für Öl wieder in Erwägung gezogen wurde, fand eine Verbrennungstechnik für Kohlenstaub oder Staubkohle besondere Aufmerksamkeit. Obwohl die Verbrennungstechnik für Staubkohle an sich  
20 ziemlich vervollkommen ist, wurde in den letzten Jahren eine neuartige Technik notwendig, um den strengen amtlichen Auflagen bezüglich der Abgase luftverschmutzender Stoffe zu genügen.

Staubkohle-Brennstoff hat einen größeren N-Gehalt als  
25 flüssige Brennstoffe, wie zum Beispiel Schweröl, Naphta und ähnliche, und erzeugt daher eine höhere Konzentration von Stickoxiden (im folgenden als " $\text{NO}_x$ ") bezeichnet, die nach der Verbrennung zu einer Luftverunreinigung führen. Im Vergleich zu thermischem  $\text{NO}_x$ , das durch die Dissoziation  
30 und Verbindung der Stickstoff- und Sauerstoff-Moleküle in der Luft für die Verbrennung gebildet wird, oder zu promptem  $\text{NO}_x$ , das aufgrund der Verbindung von Kohlenwasserstoffen im Brennstoff mit den Sauerstoff-Molekülen in der Luft für die Verbrennung gebildet wird, hängt das Brenn-

3515209

stoff-NO<sub>x</sub>, das aufgrund der Verbindung der Stickstoff-Moleküle im Brennstoff mit den Sauerstoff-Molekülen in der Luft für die Verbrennung gebildet wird, nur geringfügig von der Verbrennungstemperatur ab. Unter diesem Gesichtspunkt ist eher eine Einrichtung für die Reduktion des sich ergebenden NO<sub>x</sub> zu N<sub>2</sub> und ähnlichem notwendig, als ein Verbrennungsverfahren, das kein NO<sub>x</sub> erzeugt, um das NO<sub>x</sub> der Staubkohle-Verbrennung zu verringern. Da der Staubkohle-Brennstoff viele Faktoren aufweist, die mit seinen Eigenschaften zusammenhängen, wie zum Beispiel dem Brennstoffverhältnis, dem Aschegehalt, der Viskosität, der Verteilung der Teilchengröße usw., treten beim Verbrennungsprozeß beträchtliche Schwankungen auf. Zeitliche Veränderungen, zum Beispiel bei der Zerstäubung, beim Transport, beim Ausstoß durch einen Brenner usw., können im Vergleich mit einer Verbrennungseinrichtung für Schweröl, Naphta, LNG usw. nicht vernachlässigt werden.

Wie oben beschrieben, muß für die Verwirklichung der Verbrennung von Staubkohle mit niedrigem NO<sub>x</sub>-Ausstoß ein Verbrennungsverfahren entwickelt werden, das folgende Punkte berücksichtigt:

(I) den Effekt der Reduktion von NO<sub>x</sub> und

(II) die Veränderungen der Verbrennung.

Der Anstieg von unverbrannten Komponenten in der Asche verringert den Wirkungsgrad eines Kessels und führt zu verschiedenartigen Beschränkungen bei der Verarbeitung des Abfalls. Werden Kohle mit einem hohen Brennstoffverhältnis (fester Kohlenstoff/flüchtige Komponenten) und geringwertige Kohle verwendet, müssen Einrichtungen für die Verringerung der unverbrannten Komponenten in der Asche entwickelt werden.

Andererseits läuft der Verbrennungsprozeß von Staubkohle-Teilchen so ab, daß in der Anfangsstufe der Verbrennung die Zersetzung und Verbrennung von flüchtigen Komponenten erfolgt, und anschließend die Oberflächenverbrennung der Koks -ähnlichen restlichen kohlenstoffhaltigen Stoffe (im folgenden als "verkohlte Stoffe" bezeichnet) stattfindet.

Die Oberflächenverbrennung der verkohlten Stoffe ist etwas langsamer als die Abbauverbrennung der flüchtigen Komponenten, und der größte Teil der für den gesamten Verbrennungsvorgang erforderlichen Zeit wird vermutlich  
5 für die Oberflächenverbrennung der verkohlten Stoffe verwendet.

Es ist deshalb äußerst schwierig, die unverbrannten Komponenten in der Asche während des Verbrennungsprozesses zu schätzen, da eine große Anzahl von mit den Eigenschaften  
10 der Staubkohle verbundenen Faktoren eingeht, wie zum Beispiel das Brennstoffverhältnis, der Aschegehalt, die Viskosität, die Verteilung der Teilchendurchmesser usw.

Es ist jedoch empirisch offensichtlich, daß die Verbrennung unmittelbar innerhalb eines Ofens unter Vorhandensein von überschüssigem Sauerstoff ( $O_2$ ) und in einer  
15 Hochtemperatur-Atmosphäre erfolgen sollte, um die unverbrannten Komponenten in der Asche zu reduzieren. Ein derartiges Betriebsverfahren ist jedoch mit Problemen bezüglich der Steuerung und Sicherheit verbunden.

Bei bestehenden gewerblichen oder industriellen mit Staubkohle beheizten Kesseln wird der Kesselbetrieb mit dem Ziel durchgeführt, die unverbrannten Komponenten in der Asche zu minimieren, um den Wirkungsgrad des Kessels zu erhöhen. Wenn jedoch ein zweistufiges Verbrennungsverfahren  
25 oder ein langsames Verbrennungsverfahren Anwendung findet, wie es für gas- und ölbeheizte Kessel wirkungsvoll ist, besteht im Gegensatz dazu eine Neigung zum Abfall der Temperatur innerhalb des Ofens und zur Erhöhung der unverbrannten Komponenten in der Asche.

30 In der Vergangenheit fand ein Überwachungsverfahren Anwendung, nach dem die Flamme zur Zeit der Verbrennung unter Verwendung einer ITV (industrielle TV)-Anlage überwacht wird, die auf die einem Brenner gegenüberliegende Wand montiert ist, oder ein Verfahren, nach dem  
35 der Verbrennungszustand durch eine in einer Ofenwand gebildete Schauöffnung untersucht wird, um den Verbrennungszustand innerhalb des Ofens zu bestimmen. Nach beiden Ver-

3515209

fahren wird jedoch nur die Verbrennungsflamme überwacht.

In einem automatisierten Überwachungsverfahren findet ein Flammendetektor Anwendung. Damit wird jedoch nur das Zünden oder Erlöschen überwacht. Dieses Verfahren ist in anderen Worten kein Verbrennungs-Überwachungsverfahren im eigentlichen Sinn, sondern stützt sich unabdingbar auf die Erfahrung und Schulung des Ofen-Betriebs-personals.

Eines der herkömmlichen Überwachungsverfahren ist  
10 im US-Patent Nr. 3 842 391 ("Verfahren und Vorrichtung zur Flammenüberwachung", 16. Juli 1974) dargestellt. Dieser Stand der Technik betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung für die Überwachung der Flamme eines Ofens mit einer Vielzahl von Brennern, wie zum Beispiel einem  
15 Heizkessel zur Erzeugung thermischer Energie. Dieses Verfahren verwendet zwei Photosensoren, um die Flamme eines ausgewählten Brenners zu überwachen. Mit diesen beiden Sensoren wird ein Signal mit einer Wechselstromkomponente erfaßt, die der Veränderung der Strahlungsintensität  
20 von der Flamme entspricht, und der Korrelationsgrad bestimmt.

Im US-Patent Nr. 4 403 941 ("Verbrennungsprozeß zur Verringerung von Stickstoff-Oxiden", 13. September 1983) ist eine Denitrierung während der Verbrennung dargestellt,  
25 jedoch keinerlei Überwachung des Verbrennungszustands unter Verwendung flammenbezogener Daten erläutert. Die Druckschrift beschreibt ausschließlich die Verringerung von NOx durch eine mehrstufige Verbrennung.

Die von der Anmelderin am 30. August 1983 eingereichte US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 527 847  
30 befaßt sich insbesondere mit der Form der Flamme. Nach dieser früheren Anmeldung ist die Diagnose des Verbrennungszustands auf Grundlage von Parametern beabsichtigt, die die Form des Wurzelbereichs der Flamme angeben. Die  
35 Korrelation zwischen der Form der Flammenwurzel und dem Verbrennungszustand wird im voraus gespeichert, und

25.04.85

3515209

anschließend wird festgestellt, welchem Muster die gemessene  
Flammenform zuzuordnen ist, wodurch eine Diagnose des  
Verbrennungszustands erfolgt. Nach vorliegender Erfindung  
ist ein Überwachungssystem für den Verbrennungszustand  
5 angegeben, das auf einer weiteren Verbesserung dieser  
früheren Erfindung beruht.

Bezüglich des physikalisch-chemischen Verhaltens  
der Verbrennung von Staubkohle ist auf die Veröffentlichung  
von W.R. Seeker et al. "The Thermal Decomposition of  
10 Pulverized Coal Particles" zu verweisen (Achtzehntes  
Internationales Verbrennungs-Symposium; The Combustion  
Institute, 1981, Seiten 1213 bis 1226).

Die generelle Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist  
darin zu sehen, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur  
15 Überwachung des Verbrennungszustands anzugeben, womit die  
dem Stand der Technik anhaftenden Nachteile zumindest  
teilweise überwunden werden.

Eine speziellere Aufgabe der Erfindung liegt darin,  
ein Verfahren und eine Vorrichtung für die Überwachung  
20 der unverbrannten Komponenten in der Asche während der  
Verbrennung von Staubkohle anzugeben.

Weiterhin sollen nach vorliegender Erfindung ein Ver-  
fahren und eine Vorrichtung geschaffen werden, um die  
NO<sub>x</sub>-Mengen während der reduzierenden Verbrennung von Staub-  
25 kohle zu überwachen.

Eine weitere Aufgabe liegt darin, ein Verfahren und  
eine Vorrichtung anzugeben, um die Verbrennungsflamme zu  
vermessen und den Verbrennungszustand getrennt entsprechend  
der Leuchtdichte oder Temperatur der Flamme darzustellen.

30 Die Lösung dieser Aufgabenerfolgt nach dem kenn-  
zeichnenden Teil des Hauptanspruchs. Danach wird in der  
Nähe eines Brennerauslasses ein Flammenbild vermessen,  
und daraus eine oxidierende Flamme als eine Zone hoher  
Leuchtdichte gewonnen. Aus der so gewonnenen Form der  
35 oxidierenden Flamme werden die den Reduktionsgrad von NO<sub>x</sub>  
betreffenden Parameter berechnet, und mit den so berechneten  
Parametern wird die Bildung von NO<sub>x</sub> quantitativ geschätzt und



überwacht.

Weiterhin werden erfindungsgemäß die Positionen der Massen-Mittelpunkte der oxidierenden Flammen, der Abstand zwischen diesen Mittelpunkten und die Dicke der oxidierenden Flamme  
5 als die mit dem Reduktionsgrad von  $\text{NO}_x$  verbundenen Parameter der Flammenform verwendet.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung liegt darin, daß die unverbrannten Komponenten in der Asche auf Grundlage der oben beschriebenen Flammenform-Parameter geschätzt wird.

10 Darüberhinaus wird erfindungsgemäß eine vermessene Flamme in zumindest zwei Zonen aufgeteilt und für jede Zone dargestellt, und der Verbrennungszustand ausgehend von der Fläche jeder Zone oder von der Beziehung zwischen dem Flächenverhältnis und einer Last (oder einem Brennstoff)  
15 überwacht. Die Überwachung erfolgt dabei auf Grundlage der Tatsache, daß, wie oben beschrieben, eine Korrelation zwischen der Leuchtdichte oder Temperatur der Flamme und der Last (oder dem Brennstoff) besteht.

Die Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele  
20 der Erfindung erfolgt anhand der anliegenden Zeichnungen. In den Zeichnungen zeigen

- Fig. 1 schematische Darstellungen einiger typischer Flammenformen bei der Staubkohle-Verbrennung;
- Fig. 2 eine Darstellung zur Erläuterung der Flammenform-Parameter;  
25
- Fig. 3 ein Diagramm zur Darstellung der Beziehung zwischen den  $\text{NO}_x$  reduzierenden Faktoren und  $\text{NO}_x$ ;
- Fig. 4(a) und 4(b) Blockdiagramme, wobei in Fig. 4(a) im einzelnen die Ausgestaltung eines Heizkessels dargestellt ist;  
30
- Fig. 5 ein Flußdiagramm für die Abfolge der Verarbeitung in einem erfindungsgemäßen Prozessor;
- Fig. 6(a) bis 6(c) Darstellungen zur Erläuterung der Form und der Massenmittelpunkte der Flamme;
- 35 Fig. 7(a) bis 7(c) Darstellungen zur Erläuterung der Form-Parameter der Flamme;
- Fig. 8 eine Darstellung zur Erläuterung der Leuchtdichte-Daten einer Bildfaser;

3515209

Fig. 9(a) und 9(b) Flußdiagramme für den Ablauf der Verarbeitung;

Fig. 10 eine Darstellung für die Aufteilung in zwei Zonen entsprechend der Leuchtdichte;

5 Fig. 11 ein Diagramm zur Darstellung der Beziehung zwischen der Leuchtdichte und einem Aufteilungspegel bei einer Speicherung in Form von funktionalen Ausdrücken;

Fig. 12 ein Beispiel für eine Zonen-Darstellung;

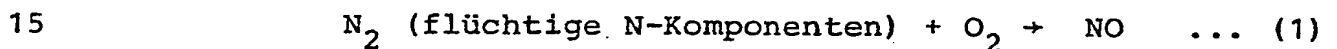
10 Fig. 13 eine mosaikartige Darstellung der Beziehung zwischen den Zonen I und II und der Last; und

Fig. 14 ein Diagramm der Beziehung zwischen der Last und einer Abweichung.

15 Zuerst wird der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Fig. 1 zeigt typische Flammenformen im Fall der Verbrennung von Staubkohle, wobei in Fig. 1(a) eine Flamme mit einer extrem hohen NO<sub>x</sub>-Konzentration, in Fig. 1(b) eine Flamme mit einer mittleren NO<sub>x</sub>-Konzentration zwischen der  
20 der Figuren 1(a) und 1(c) und in Fig. 1(c) eine Flamme mit einer niedrigen NO<sub>x</sub>-Konzentration dargestellt ist. Die Flamme, d.h. die Verbrennungszone der Staubkohle, läßt sich in eine primäre Verbrennungszone F1, in der hauptsächlich die Verbrennung der flüchtigen Komponenten statt-  
25 findet, in eine sekundäre Verbrennungszone F2, in der hauptsächlich die Verbrennung der verkohlten Stoffe (fester Kohlenstoffgehalt) stattfindet, und in eine Denitrifikations-Zone F3 unterteilen, in der vorwiegend der Reduktionsvorgang abläuft. Die Größen dieser Zonen sind äußerst eng mit  
30 der Konzentration des sich ergebenden NO<sub>x</sub> korreliert. In Fig. 1(a) tritt die Denitrifikations-Zone F3 nicht auf, während sie in Fig. 1(b) zwischen der primären Verbrennungszone F1 und der sekundären Verbrennungszone F2 gebildet ist. In Fig. 1(c) wird die primäre Verbrennungszone F1  
35 dick und kurz, und die Denitrifikations-Zone F3 hat ihre größte Ausdehnung.

Die vorliegende Erfindung nutzt hauptsächlich das Phänomen aus, daß der NOx reduzierende Effekt beträchtlich wird, wenn die primäre Verbrennungszone F1 zum Zeitpunkt der Verbrennung der Staubkohle dick und kurz wird. Diese  
5 Erscheinung läßt sich qualitativ folgendermaßen erklären: Wenn die Staubkohle in den Ofen auf einer Hochtemperatur-Atmosphäre eingesprüht wird, erfolgt die Zündung zuerst auf der Oberfläche. Da die Staubkohle aufgrund dieser Oberflächen-verbrennung erhitzt wird, werden die in der Staubkohle  
10 enthaltenen flüchtigen Komponenten separiert und diffundieren in die umliegenden Bereiche, so daß die primäre Verbrennungszone gebildet wird. In dieser primären Verbrennungszone werden aufgrund der in der folgenden Formel (1) angegebenen Reaktion große Mengen von NO gebildet:



Andererseits tritt von der Mitte der erhitzten Flamme .HC auf, so daß eine Reaktion nach Formel (2) abläuft:



dabei ist .NX entweder .NH oder .CN.

20 Dieses .NX reduziert NO in der anschließenden Denitrifikations-Zone entsprechend Formel (3):



Dieses .NX als Reduktionsmittel für NOx führt andererseits jedoch bei Vorhandensein von Sauerstoff zu  
25 einem Anstieg von NO:



Für eine Verbrennung mit wenig Nox ist es deshalb wesentlich, die flüchtigen Komponenten in der Nähe eines Brenners zu verbrennen und die Mitte der Flamme auf einer

hohen Temperatur und in einem sauerstoffarmen Zustand zu halten. Dieses Verbrennungsverfahren ist für die Verringerung von NOx besonders wirksam, da der Großteil des durch die Verbrennung von Staubkohle gebildeten NOx von der Verbrennung der flüchtigen Komponenten herrührt, und die Bildung von NOx durch die Verbrennung der verkohlten Stoffe gering ist. Bei der Flammenform wirkt sich das so aus, daß die primäre Verbrennungszone dick ist, da die Verbrennung der flüchtigen Komponenten begünstigt wird, Darüberhinaus wird die Diffusion der Luft in den Mittenbereich der Flamme verringert. Zusätzlich wird die Flamme in der primären Verbrennungszone kurz, da die Luftmenge insgesamt verringert wird, um die Denitrifikations-Zone im sauerstoffarmen Zustand zu halten.

Die Kenngröße  $I_{NOx}$  für die Verbrennung mit niedrigem NOx auf Grundlage der oben beschriebenen Beobachtungen wird unter Bezugnahme auf Fig. 2 erläutert.

Als "oxidierende Flamme" wird im folgenden die Zone der Flamme bezeichnet, die sich nahe einem Brenner befindet und eine hohe Leuchtdichte hat. Die Kenngröße  $I_{NOx}$  für den Grad der NO-Reduktion ist folgendermaßen definiert:

$$I_{NOx} = x_1^{-1} \cdot x_2 \cdot x_3^{-1} \quad \dots (5)$$

mit  $x_1$ : Position des Massenmittelpunkts =  $d_z/d_B$  .. (6)

$x_2$ : Abstand zwischen Massenmittelpunkten =  $d_x/d_B$  ... (7)

$x_3$ : Dicke =  $l_F/S_F$  ... (8)

$d_B$ : Auslaßdurchmesser des Brenners

$l_F$ : Umfangslänge

$S_F$ : Fläche (schraffierter Bereich in Fig. 2)

Fig. 3 zeigt die aus den Ergebnissen von Verbrennungstests gewonnenen Kennlinien NOx über  $I_{NOx}$ . Nach vorliegender Erfindung werden die Kennlinien im voraus bestimmt, und die Menge des sich bei der Verbrennung ergebenden NOx wird

über die tatsächliche Messung von  $I_{NOx}$  geschätzt.

Ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Figuren 4(a), 4(b) und 5 beschrieben. Eine erfindungsgemäße Vorrichtung für die  
5 Überwachung des Verbrennungszustands weist Bildführungen 11-1, 11-2, ITV-Kameras 12-1, 12-2, Veränderungseinrichtungen für Kanäle 13, einen A/D-Umformer 14, einen Rahmenspeicher 15, einen Prozessor 16 und eine Anzeigeeinheit 17 auf. Die Bildführung 11 ist an einer Schauöffnung  
10 des Kessels 1 montiert, so daß die Flammenbilder in der Nähe der Staubkohle-Brenner 2 (2-1, 2-2, 2-3) vermessen werden können. Der Kopfteil der Bildführung 11 wird mit Wasser oder Luft gekühlt, so daß die Bildführung eine Hochtemperatur-Atmosphäre aushalten kann. Vom äußeren Rand  
15 der Vorderfläche der Bildführung 11 wird Luft eingestrahlt, um die Ablagerung der Verbrennungssasche der Staubkohle zu verhindern.

Die optischen Bilddaten 100-1, 100-2 der Flamme werden mit den ITV-Kameras 12 (12-1, 12-2) in elektrische Signale  
20 umgewandelt und als analoge Bildsignale 101 (101-1, 101-2) zur Kanal-Veränderungseinrichtung 13 gegeben. Diese Einrichtung 13 gibt in Übereinstimmung mit einem vom Prozessor 16 erzeugten Kanal-Auswahlsignal 105 das analoge Bildsignal 102 des bezeichneten Kanals auf den A/D-Umformer 14.  
25 Nach der Umformung des Signals in ein digitales Bildsignal 103 durch den A/D-Umformer 14 werden die bezeichneten Flammen-Bilddaten im Rahmenspeicher 15 gespeichert. Der Prozessor 16 berechnet unter Verwendung dieser Flammen-Bilddaten den durch die Formel (5) gegebenen Kennwert  $I_{NOx}$   
30 und schätzt unter Verwendung der  $NOx-I_{NOx}$ -Kennlinien nach Fig. 3 den sich ergebenden, vom Brenner gebildeten  $NOx$ -Wert. Der Verarbeitungsablauf dieses Prozessors 16 ist in Fig. 5 gezeigt.

Nach Fig. 5 werden die folgenden Operationen durch-  
35 geführt:

3515209

(1) Beim Schritt 200 "Eingabe der Bilddaten" werden die Flammen-Bilddaten des bezeichneten Kanals in den Rahmenspeicher übernommen.

(2) Beim Schritt 201 für die Gewinnung der wesentlichen Flammenform werden die Koordinaten des Massenmittelpunkts und die Umfangslänge entsprechend der durch die Werte  $X_1$ ,  $X_2$  und  $X_3$  gegebenen Abfolge berechnet.

(3) Im  $I_{NOx}$ -Berechnungsschritt 202 wird eine Berechnung nach Formel (5) durchgeführt.

10 (4) Beim NO-Schätzschrift 203 wird der  $I_{NOx}$ -Wert unter Verwendung der im voraus in einer Datentabelle gespeicherten  $NOx-I_{NOx}$ -Kennlinien und des Auslaßdurchmessers in den  $NOx$ -Wert überführt.

(5) Im Anzeigeschritt 204 werden die Flammen-Bilddaten des Rahmenspeichers, die Kanalnummer, der  $NOx$ -Wert, der  $I_{NOx}$ -Wert und die Werte  $X_1$  bis  $X_3$  auf der Anzeigeeinheit 205 dargestellt.

Die oben beschriebenen Operationen (1) bis (5) werden wiederholt, bis alle Kanäle abgearbeitet sind.

20 Mit diesem Ausführungsbeispiel ist es möglich, den  $NOx$ -Wert in jedem Brenner des Kessels zu ermitteln.

Nach dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel kann der bei der Verbrennung der Staubkohle gebildete  $NOx$ -Wert in einer Brennereinheit gemessen werden, so daß sich  
25 folgende Effekte erzielen lassen:

(1) Es ist möglich, den geeigneten Verbrennungszustand im Brenner zu halten, wie zum Beispiel die Luftverteilung zu den primären und sekundären Verbrennungszonen und die Umwälzintensität beim Einblasen der Luft.

30 (2) Ungleichgewichte des Verbrennungszustands zwischen den Brennern können erfaßt werden.

(3) Die Veränderungen des Verbrennungszustands aufgrund der zeitlichen Veränderungen der Belastung, der Brennstoffeigenschaften, der Ausrüstung und ähnlichem können erfaßt  
35 werden.

Im folgenden wird wieder auf Fig. 1 Bezug genommen. Die Flamme wird unter dem Gesichtspunkt der unverbrannten

3515209

Komponenten in der Asche untersucht. Fig. 1(a) zeigt eine Flamme, in der die Menge der unverbrannten Komponenten in der Asche sehr gering ist, Fig. 1(b) eine Flamme, in der die Menge sehr hoch ist, und Fig. 1(c) eine Flamme, in der die Menge der unverbrannten Komponenten in der Asche zwischen den Werten nach den Figuren 1(a) und 1(b) liegt.

Die Flamme, d.h. die Verbrennungszone der Staubkohle, läßt sich grob in die primäre Verbrennungszone F1, in der die Verbrennung der flüchtigen Komponenten vorherrscht, und in die sekundäre Verbrennungszone F2 einteilen, in der hauptsächlich die Verbrennung des festen Kohlenstoffgehalts erfolgt. Die Abmessungen und Positionen dieser Zonen sind extrem eng mit der Menge der unverbrannten Komponenten in der Asche verbunden. Es liegen folgende Beziehungen vor:

- (a) Die Flamme in der primären Verbrennungszone ist groß,
- (b) die Flamme in der primären Verbrennungszone ist klein, und
- (c) die Größe der Flamme in der primären Verbrennungszone liegt zwischen (a) und (b).

Fall (a): Die Staubkohle wird zugeführt und geeignet in den in einer Hochtemperatur-Atmosphäre gehaltenen Ofen diffundiert, so daß die  $O_2$ -Verteilung um die Staubkohle-Partikel optimal wird, und die Zündung der flüchtigen Komponenten wird beschleunigt. Während die Hochtemperatur-Atmosphäre beibehalten wird, werden die Staubkohle-Partikel schnell verbrannt, und dadurch die unverbrannten Komponenten in der Asche minimiert.

Fall (b): Die Verteilung der Staubkohle ist von der des  $O_2$  getrennt, und da die Verbrennung nur in ihrer Kontaktzone abläuft, verbleiben große Mengen nicht vollständig verbrannter Staubkohle-Partikel als die unverbrannten Komponenten.

Fall (c): Die Sekundärluft ist verwirbelt und zerstreut die Staubkohle in der Nähe der Brennerspitze, um die Verteilung von  $O_2$  zu optimieren und die Verbrennung zu unterstützen. Da sich aufgrund der Verwirbelung im stromabwärtigen Bereich der Staubkohle ein negativer Druck ent-

25.04.85

3515209

wickelt, werden die Staubkohle und  $O_2$  miteinander vermischt, und die Verbrennung läuft ab. Die unverbrannten Komponenten in der Asche liegen zwischen Fall (a) und (b).

Auf Grundlage der Erscheinung, daß die Größe der  
5 Flamme in der primären Verbrennungszone und die Brennbarkeit am Bereich der Brennerspitze wirkungsvoll sind, um die unverbrannten Komponenten in der Asche zu verringern, wird beispielsweise die Größe  $I_{UBC}$  als der Parameter für die Verringerung der unverbrannten Komponenten in der Asche  
10 definiert.

Zusätzlich zu den Werten  $X_1$  und  $X_2$  in den oben genannten Formeln (6) und (7) wird die Primärluft-Menge definiert:

$$\text{Primärluft-Menge: } X_3' = A_1 \quad \dots (9)$$

15 Der Reduktionskennwert  $I_{UBC}$  für die unverbrannten Komponenten in der Asche ist unter Verwendung von  $X_3'$  mit k als Koeffizienten folgendermaßen definiert:

$$I_{UBC} = k \cdot X_1^{-1} \cdot X_2^{-1} \cdot X_3' \quad \dots (10)$$

20 Darüberhinaus ist es möglich, die folgenden Parameter  $G_1, G_2$  zu verwenden, die die oxidierende Flamme kennzeichnen. Bei einem Verfahren zur Bestimmung von  $G_1$  und  $G_2$ , die in Fig. 2  $X_1$  und  $X_2$  repräsentieren, ist folgendes zu berücksichtigen:

(1)  $G_1$  und  $G_2$  können auf den Mittelpunkt der oxidierenden  
25 Flamme gesetzt werden.

(2)  $G_1$  und  $G_2$  können auf die Positionen gesetzt werden, an denen  $X_1$  von der Brennerspitze aus der oxidierenden Flamme am nächsten ist.

(3)  $G_1$  und  $G_2$  können auf die Positionen der höchsten  
30 Temperatur (oder die Positionen der höchsten Leuchtdichte) gesetzt werden.

(4) Die oxidierende Flamme wird aus der Temperaturverteilung bestimmt, und  $G_1$  und  $G_2$  können auf ihren Massenzmittelpunkt gesetzt werden.

35 Darüberhinaus kann die Dicke der oxidierenden Flamme als ein weiterer  $X_3'$  repräsentierender Parameter berücksichtigt werden. Alle diese Parameter geben jedoch die



3515209

die Position der oxidierenden Flamme von der Brennerspitze aus an, und soweit dies möglich ist, muß der Massenmittelpunkt nicht notwendigerweise verwendet werden. Die Verteilung der Leuchtdichte (oder Temperatur) der oxidierenden Flamme beschreibt eine Niveaulinie, wie in den Figuren 6(a) bis 6(c) gezeigt, und ihre Fläche verändert sich in Übereinstimmung mit einem Grenzwert der Gewinnung der Zone hoher Leuchtdichte. Die Position des Massenmittelpunkts wird durch diese Veränderung jedoch kaum beeinflußt. Unter diesem Gesichtspunkt ist es zweckmäßig, den Massenmittelpunkt als den die oxidierende Flamme repräsentierenden Parameter zu verwenden.

Fig. 6(a) zeigt die Niveaulinien der Leuchtdichte, Fig. 6(b) die Leuchtdichte-Charakteristika entlang des Schnittes  $\ell - \ell'$  in Fig. 6(a) und Fig. 6(c) den Punkt des Massenmittelpunkts in Fig. 6(a).

Der in Fig. 4 gezeigte Prozessor 16 berechnet unter Verwendung der in dem Rahmenspeicher 15 gespeicherten Bilddaten den durch Gleichung (10) definierten Reduktionskennwert  $I_{UBC}$  für die unverbrannten Komponenten in der Asche (im Schritt 202 in Fig. 5) und bildet (im Schritt 203 in Fig. 5) entsprechend der Formel (11) unter Verwendung eines Koeffizienten K einen Schätzwert für die unverbrannten Komponenten UBC in der Asche:

$$UBC = -K \cdot I_{UBC} \quad \dots (11)$$

Für die Beziehung zwischen  $I_{UBC}$  und UBC kann ein im voraus berechnetes Diagramm verwendet werden. Ist eine Vielzahl von Brennern zu überwachen, nehmen die Koeffizienten k in Formel (10) und K in Formel (11) andere Werte als in dem Fall an, in dem nur ein Brenner verwendet wird.

$I_{UBC}$  wird im Schritt 202 in Fig. 5 entsprechend Formel (10) berechnet, und die unverbrannten Komponenten UBC in der Asche werden im Schritt 203 geschätzt.

Im Schritt 204 werden folgende Werte auf der Anzeigeeinheit dargestellt: die für die  $I_{UBC}$ -Berechnung verwendete Flammenform, die für die Form charakteristischen Parameter

3515203

$d_z$  und  $d_x$ ,  $A_1$ ,  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , der  $I_{UBC}$ -Wert, der UBC-Schätzwert und ähnliche.

Die oben beschriebene Verarbeitung wird entweder periodisch oder kontinuierlich wiederholt, und die unverbrannten Komponenten in der Asche können während des Betriebs des Kessels mit einem hohen Maß an Genauigkeit geschätzt werden. Dabei läßt sich ein Betrieb mit hohem Wirkungsgrad erzielen, und der Verbrennungszustand des Kessels befriedigend überwachen.

Da die Bilddaten in diesem Ausführungsbeispiel Momentanwerte sind, können die Genauigkeit und Stabilität durch Verwendung von Mittelwerten einer Vielzahl von Bildern noch weiter verbessert werden.

Wenn die vorliegende Erfindung auf die Brennerflammen (A) bis (C) der in Fig. 4 gezeigten Stufen angewandt wird, lassen sich die  $I_{UBC}$ - bzw. UBC-Werte durch die folgenden Formeln (10') und (11') mit den entsprechenden Indices ausdrücken:

$$\left. \begin{aligned} I_{UBC}(A) &= k_{(A)} \cdot X_1^{-1}(A) \cdot X_2^{-1}(A) \cdot X_3'(A) \\ I_{UBC}(B) &= k_{(B)} \cdot X_1^{-1}(B) \cdot X_2^{-1}(B) \cdot X_3'(B) \\ I_{UBC}(C) &= k_{(C)} \cdot X_1^{-1}(C) \cdot X_2^{-1}(C) \cdot X_3'(C) \end{aligned} \right\} \dots (10')$$

$$\left. \begin{aligned} UBC(A) &= -K_{(A)} \cdot I_{UBC}(A) \\ UBC(B) &= -K_{(B)} \cdot I_{UBC}(B) \\ UBC(C) &= -K_{(C)} \cdot I_{UBC}(C) \end{aligned} \right\} \dots (11')$$

In der Praxis wird die in Fig. 5 dargestellte Verarbeitung für jede der Brennerflammen (A) bis (C) durchgeführt.

3515209

Fig. 7(a) zeigt ein Beispiel, bei dem der für die  $I_{UBC}$ -Berechnung verwendete Wert  $X_3'$  durch die Dicke der oxidierenden Flamme, jedoch nicht durch die Primärluft-Menge ausgedrückt wird. In diesem Beispiel ist die Dicke  
5 der oxidierenden Flamme durch Formel (12) gegeben:

$$X_3' = S/\ell_H \quad \dots (12)$$

mit  $S$ : Fläche der oxidierenden Flamme,

$\ell_H$ : Länge der oxidierenden Flamme in axialer Richtung des Brenners.

10 Als Wert  $\ell_H$  kann in diesem Fall die Länge in axialer Richtung des Brenners verwendet werden, durch die die Position des Massenmittelpunkts verläuft.

Fig. 7(b) zeigt ein Beispiel, in dem die Dicke der oxidierenden Flamme durch Formel (13) oder (14) gegeben ist:

15  $X_3' = \ell_1/\ell_2 \quad \dots (13)$

oder

$$X_3' = \ell_1 - \ell_2 \quad \dots (14)$$

mit  $\ell_1$ : größter Abstand zwischen den oxidierenden  
20 Flammen ausgehend von der Brenner-Mittelachse

$\ell_2$ : geringster Abstand zwischen den oxidierenden Flammen ausgehend von der Brenner-Mittelachse.

Wie aus den Figuren 7(a) bis 7(c) verständlich, hat als Parameter für die Angabe des Verbrennungsgrades die  
25 Dicke der oxidierenden Flamme die gleiche Bedeutung wie die in Fig. 2 gezeigte Primärluft  $A_1$ , sie ist jedoch weitgehend durch die Drosselung während der Messung oder ähnliches beeinflusst.

Andererseits wird nach Fig. 7(c) die Position der  
30 oxidierenden Flamme ( $X_1$ ) und der Abstand zwischen den oxidierenden Flammen ( $X_2$ ) nicht aus den Positionen der Massenmittelpunkte bestimmt, sondern die Bestimmung von  $X_1$  erfolgt unter Berücksichtigung des Endes der oxidierenden Flamme, das der Brennerspitze am nächsten ist, während die  
35 Bestimmung von  $X_2$  unter Berücksichtigung des Endes der

oxidierenden Flamme erfolgt, das der Brennerachse (Mittellinie) am nächsten ist.

Neben der Auswahl der Merkmalsparameter liegt das Wesen der vorliegenden Erfindung in folgenden Punkten:

- 5       (1) Dem Grad der Annäherung der Flamme an die Brennerspitze ( $X_1$ );
- (2) dem Grad der gegenseitigen Annäherung der Flammen ( $X_2$ ); und
- 10       (3) dem Grad der Verbrennung oder dem Verbrennungszustand ( $X_3'$ ).

Der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung besteht in anderen Worten darin, daß alle aus dem Flammenbild in der Nähe des Brenners gewonnenen Parameter als die Schätzparameter für die unverbrannten Komponenten in der Asche

15    $I_{UBC}$  verwendet werden können. Darüberhinaus ist es natürlich notwendig, die vier Grundrechenarten in Kombination geeignet anzuwenden, ohne auf die Formeln (10) oder (10') festgelegt zu sein, um die Parameter auszuwählen.

Es ist auch einfach möglich, die unverbrannten Komponenten in der Asche unter Anwendung des Konzepts oder

20 eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung zu schätzen, indem nicht die Leuchtdichte-Daten verwendet, sondern diese in Temperatur-Daten umgewandelt werden.

Im folgenden wird die Anzeige der Flamme beschrieben.

25 Fig. 8 zeigt ein Beispiel für ein im Rahmenspeicher 15 gespeichertes Bildsignal. Die Anzeige erfolgt unter Verwendung dieser Daten, indem die in den Figuren 9(a) und 9(b) dargestellte Verarbeitung durchgeführt wird. Obwohl in Fig. 8 die Leuchtdichte-Daten gezeigt sind, können auch

30 die Temperatur-Daten verwendet werden. In diesem Fall sollte die Leuchtdichte unter Anwendung der Wein'schen Formel in die Temperatur umgewandelt werden.

Fig. 9 zeigt ein Flußdiagramm der Verarbeitung durch den Prozessor 16. Mit den in den Prozessor 16 übernommenen

35 Bilddaten 104 wird eine Leuchtdichte-Histogramm bestimmt (Schritt 300). Wenn dieses Leuchtdichte-Histogramm

beispielsweise in zwei Zonen aufgeteilt wird (Schritt 302), wird die Aufteilung beispielsweise unter Verwendung der folgenden Formel (15) durchgeführt, da die Relation zwischen der Temperatur und der Leuchtdichte durch Index-Funktionen von der Wein'schen Formel ausgedrückt werden kann:

$$R' = (1 - e^{-a}) \cdot (N - 1) \quad \dots (15)$$

mit a: Variable (0, 1, ... ),

N: Bild-Quantisierungszahl,

R': aufgeteilter Leuchtdichtepegel.

Alternativ ist es möglich, die Funktion als eine Kurve oder gebrochene Linie zu speichern, wie in Fig. 11 gezeigt. Wenn die Leuchtdichte für die Aufteilung der Gesamtzone in zwei Zonen  $R \left[ \frac{n-1}{2} \right]$  ist, beträgt nach diesem Diagramm der tatsächlich aufzuteilende Leuchtdichte-Pegel  $R(n)$ . Es ist jedoch auch möglich, eine Aufteilung in Intervalle mit äquivalenter Leuchtdichte vorzunehmen.

Auf diese Art wird der Bereich, wie in Fig. 10 gezeigt, in die zwei Zonen eingeteilt. Jede der Zonen wird angezeigt (Schritt 304), wie in Fig. 12 dargestellt. Zur Verbesserung der Sichtbarkeit werden Schraffuren und Farben angewandt (Schritt 303), wodurch die Wirksamkeit der Erfindung weiter erhöht wird.

In dem schematischen Flußdiagramm nach Fig. 9(b) entsprechen zumindest die Schritte bis zur Aufteilung der Verbrennungszone in zwei Zonen den Schritten in Fig. 9(a).

Im folgenden wird die Beziehung zwischen dem Verbrennungszustand der Flamme und jeder Flammenzone untersucht. Für die Fortführung der Verbrennung müssen kontinuierlich Sauerstoff und Brennstoff in geeigneten Mengen zugeführt werden. Wenn einer dieser Bestandteile abnimmt, tritt eine Veränderung im Verbrennungszustand auf, die sich in der Leuchtdichte der Flamme niederschlägt, die die Aktivität der Verbrennung wiedergibt. Die Beziehung zwischen der Leuchtdichte und der Temperatur wurde bereits beschrieben.

Der Vergleich der Standard-Zone als dem im voraus gespeicherten Referenzwert und den aufgeteilten Zonen (Schritt 306) erfolgt unter Verwendung der folgenden Formel (16). Beispielsweise werden zuerst die Flächen der  
5 beiden Zonen bestimmt.

$$\left. \begin{aligned} \text{Fläche } A_1 \text{ der Zone I} &= \sum_{m=n}^{N-1} H(m) \\ \text{Fläche } A_2 \text{ der Zone II} &= \sum_{m=0}^{n-1} H(m) \end{aligned} \right\} \dots (16)$$

Gesamtfläche  $A = A_1 + A_2 = \text{const.}$

mit N: Bild-Quantisierungszahl

10  $H(m)$ : Frequenz von  $R(m)$  bei der Leuchtdichte  
n: Nummer des Teilungspegels  $R(n)$ .

Das Verhältnis jeder derart bestimmten Fläche zur Gesamtfläche wird unter Anwendung der folgenden Formel (17) bestimmt.

$$\left. \begin{aligned} \text{Flächenverhältnis von Zone I,} & \quad a_1 = \frac{A_1}{A_1 + A_2} \times 100 (\%) \\ \text{Flächenverhältnis von Zone II,} & \quad a_2 = \frac{A_2}{A_1 + A_2} \times 100 (\%) \end{aligned} \right\} \dots (17)$$

Beispielsweise bestimmt sich aus Formel (17) das Verhältnis für jede Zone folgendermaßen:

$$\begin{aligned} a_1 &= b_1 (\%) \\ a_2 &= b_2 (\%) \end{aligned}$$

20 Wenn die Last in diesem Fall 2/3 der Nennlast ist, erhält man aus Fig. 13 für die Zonen I und II folgende Standard-Flächenverhältnisse  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$ :

$$\alpha_1 = 25 (\%)$$

$$\alpha_2 = 75 (\%)$$

Anschließend wird ein Vergleich durchgeführt (Schritt 306), ob sich  $b_1$  bzw.  $b_2$  innerhalb der normalen Bereiche befinden.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Abweichung von Zone I,} \quad \beta_1 = |\alpha_1 - b_1| \\ \text{Abweichung von Zone II,} \quad \beta_2 = |\alpha_2 - b_2| \end{array} \right\} \dots (18)$$

Beispielsweise wird die Abweichung jeder Zone aus der Formel (18) bestimmt und entsprechend der folgenden Formel (19) mit dem Abweichungsbereich bei dieser Last (Fig. 14) verglichen:

$$\left. \begin{array}{l} 0 \leq \beta_1 < \varepsilon_1 \\ 0 \leq \beta_2 < \varepsilon_2 \end{array} \right\} \dots (19)$$

wobei  $\varepsilon_1$  und  $\varepsilon_2$  die jeweiligen Abweichungsbereiche der Zonen I und II sind.

Wenn die Formel (19) befriedigt wird (Schritt 308), wird die Anzeige "normal" erzeugt, wenn sie nicht befriedigt wird, wird die Anzeige "anormal" erzeugt, so daß der Verbrennungszustand bezüglich der Lastveränderung aus der Flamme hinreichend überwacht werden kann, und die Belastung des Betriebspersonals drastisch verringert werden kann.

Darüberhinaus kann durch die Anordnung der Fign. 9(a) und 9(b) der Effekt der Erfindung deutlich gesteigert werden.

Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Überwachung kann durch die Bestimmung der Mittelwerte der Momentan-Bilddaten und durch deren Ausnutzung weiter verbessert werden.

Ah/CG

29  
- Leerseite -



FIG. 1(a)

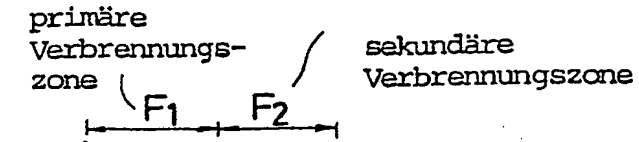


FIG. 1(b)

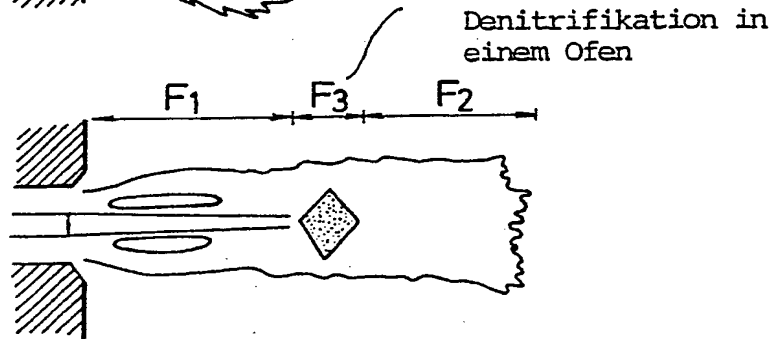


FIG. 1(c)

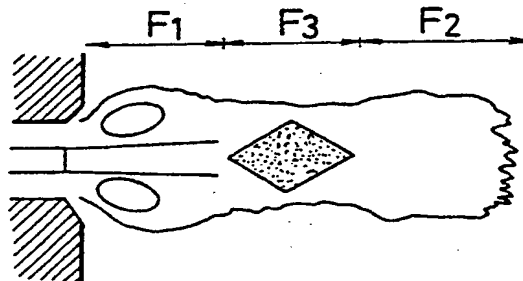


FIG. 2

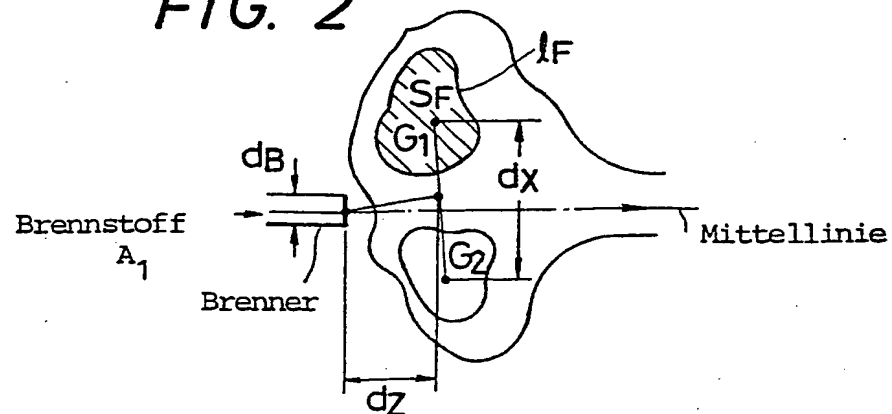


FIG. 3

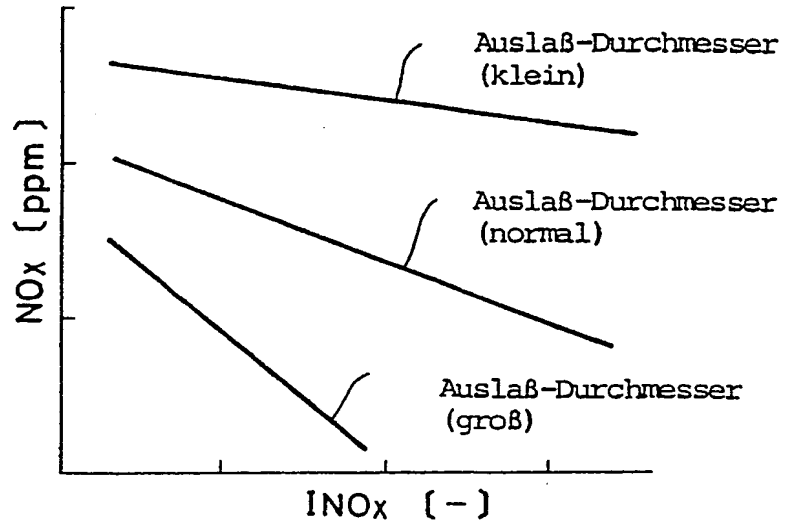


FIG. 4(a)

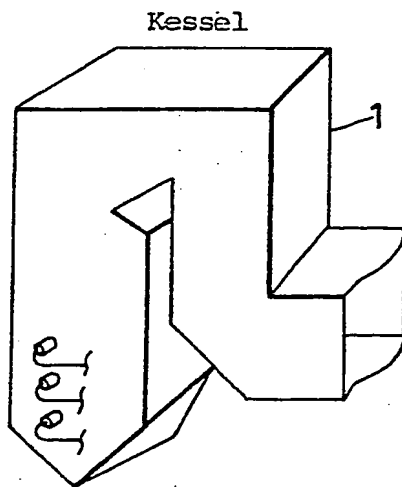


FIG. 4(b)

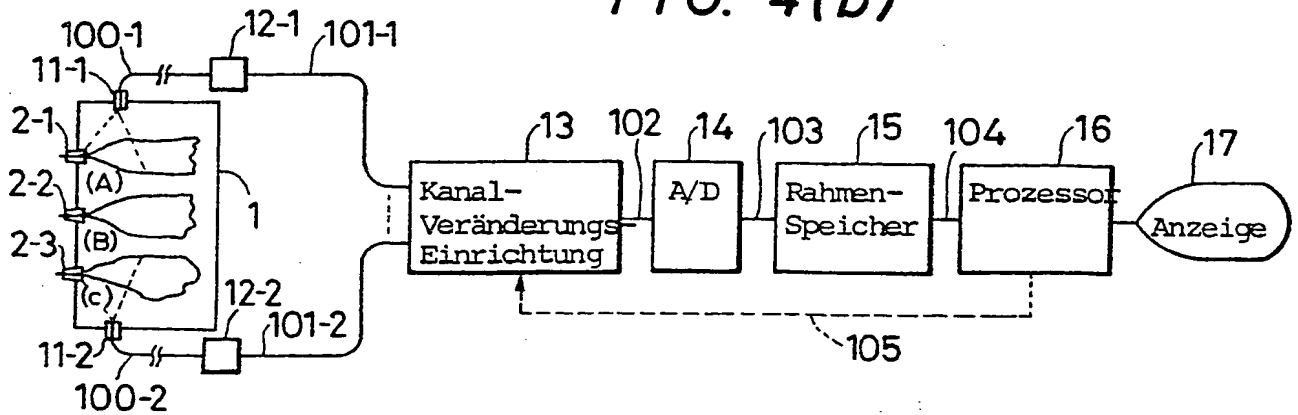


FIG. 5

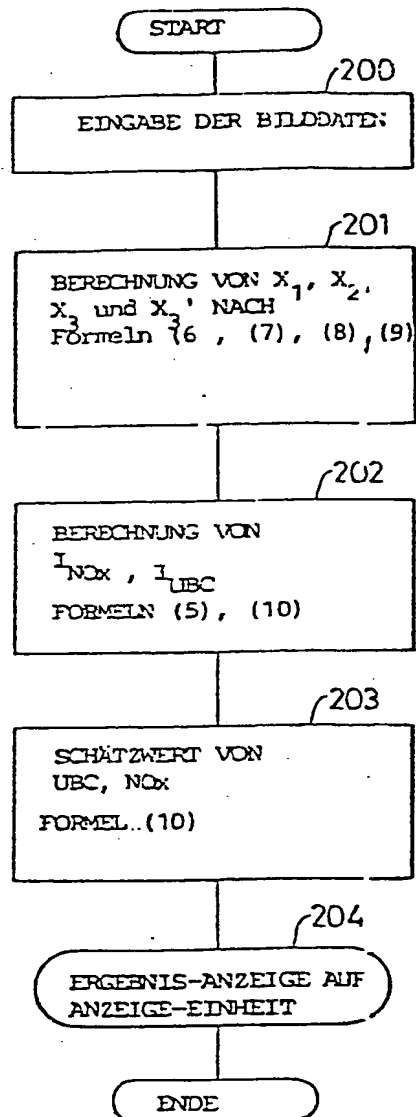


FIG. 6(a)

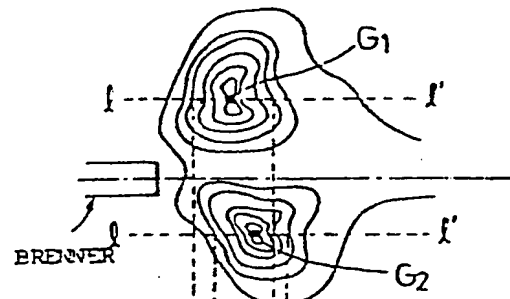


FIG. 6(b)

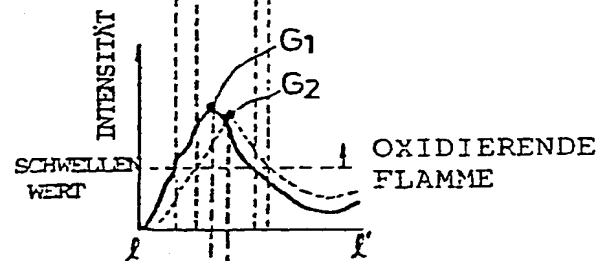


FIG. 6(c)

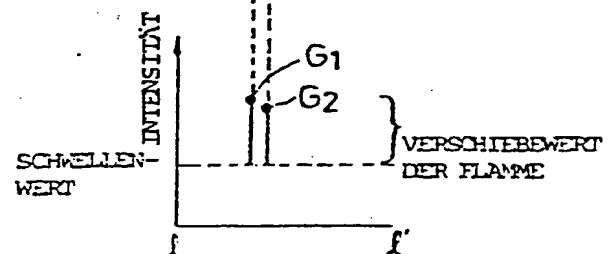


FIG. 7(a)

3515209

FIG. 7(b)

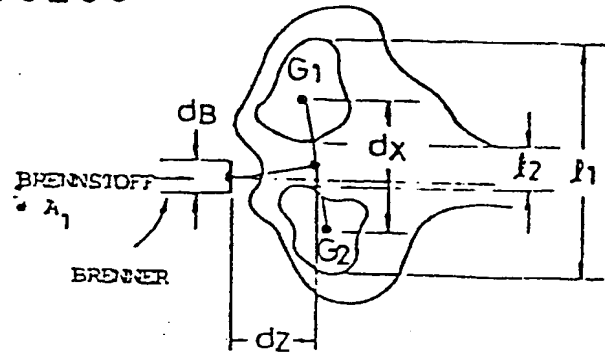
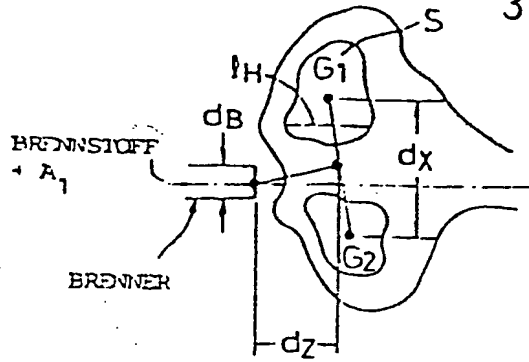
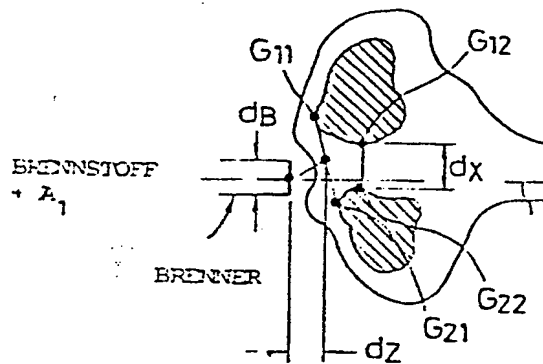


FIG. 7(c)



G11, G21: NÄCHSTER RAND DER OXIDIERENDEN FLAMME ZUM BRENNER

G12, G22: NÄCHSTER RAND DER OXIDIERENDEN FLAMME ZUR MITTELINIE

FIG. 8

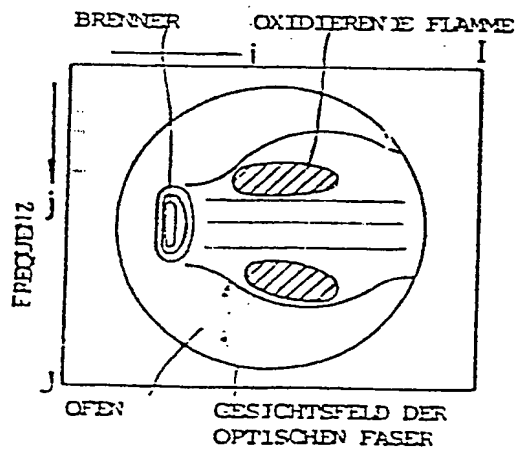


FIG. 10

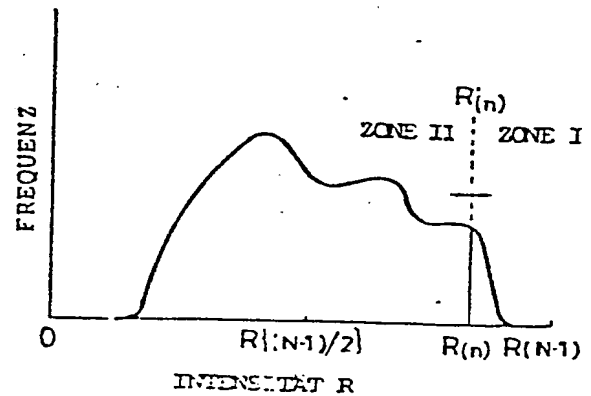


FIG. 9(a)

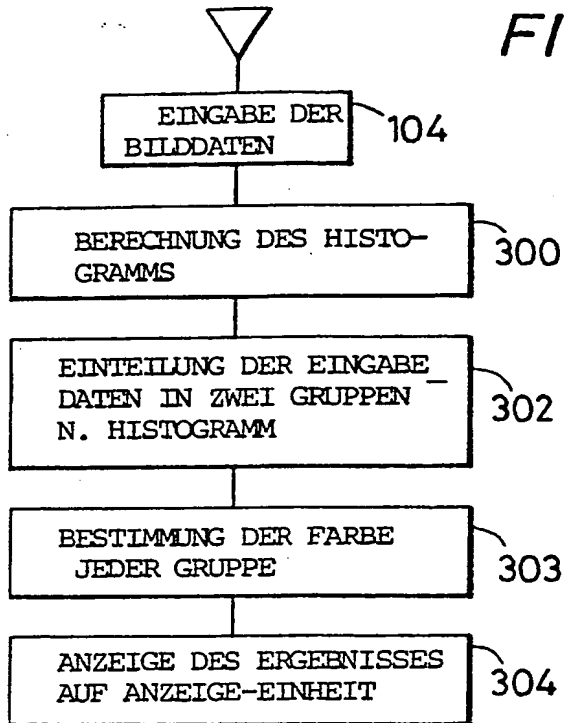


FIG. 9(b)

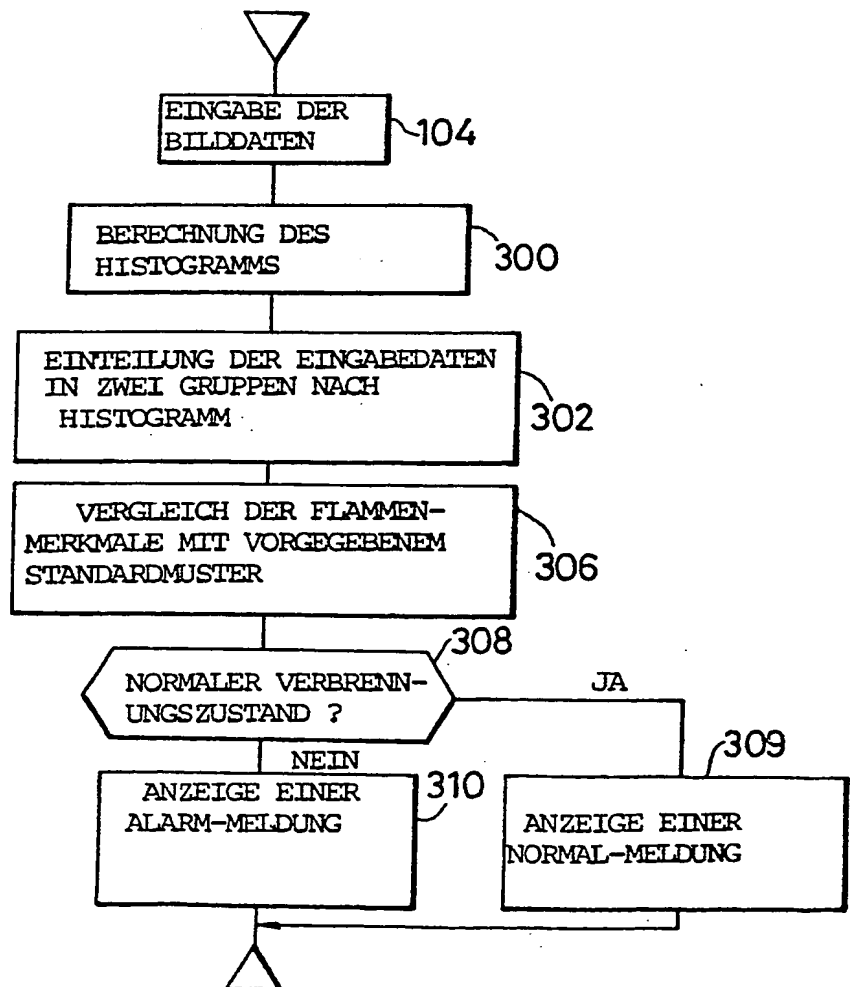


FIG. 11

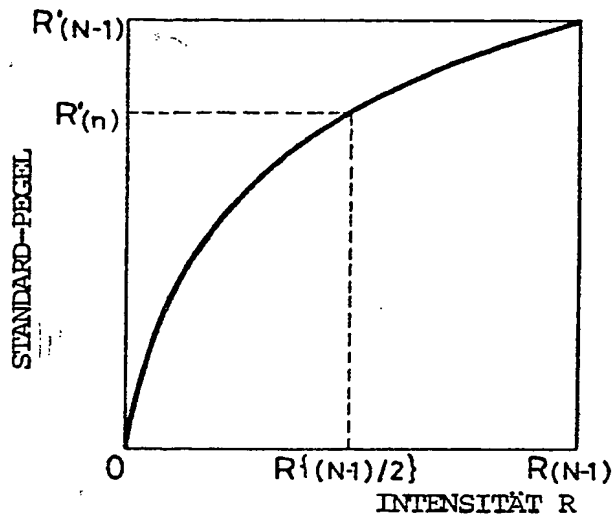


FIG. 12

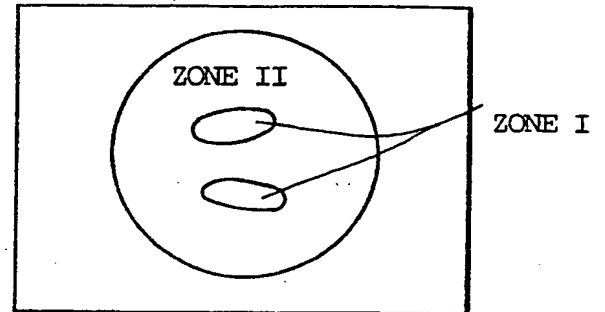


FIG. 13

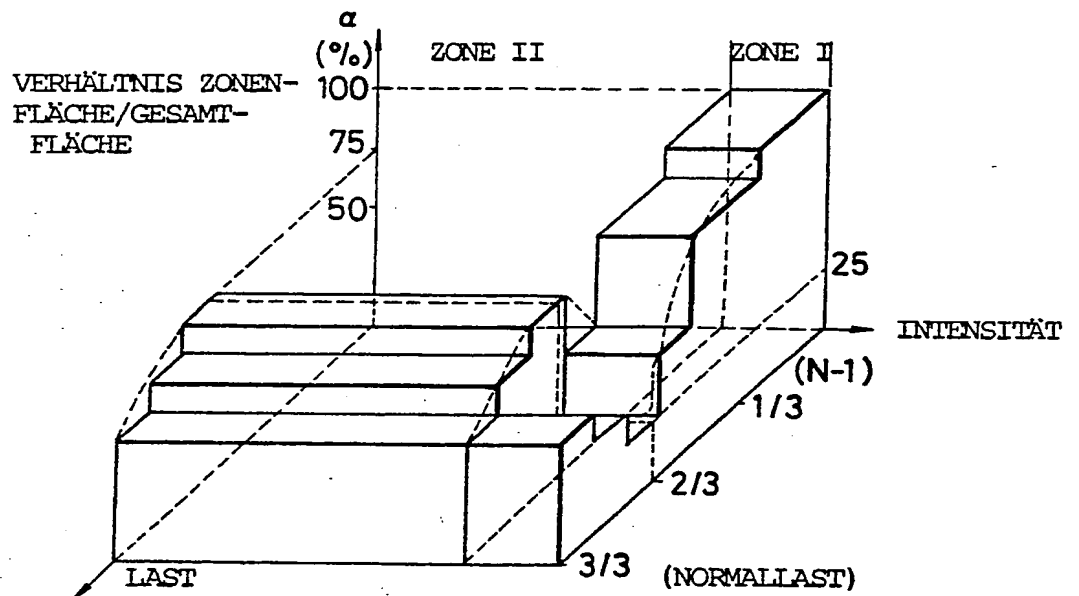


FIG. 14

